

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **08261135 A**(43) Date of publication of application: **08.10.96**

(51) Int. Cl.

**F03D 11/00**  
**F03D 1/06**(21) Application number: **07094545**(22) Date of filing: **28.03.95**(71) Applicant: **MITSUBISHI HEAVY IND LTD**(72) Inventor: **KAWASETSU NOZOMI**  
**MATSUNAMI YUJI**  
**SUZUKI AKIHIRO****(54) DESTRUCTION PREDICTABLE TYPE**  
**GFRP-MADE WINDMILL BLADE**

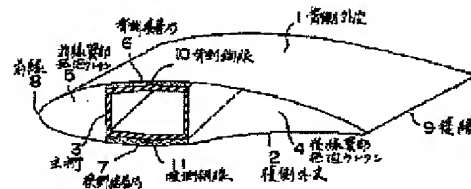
shaped materials 10, 11.

COPYRIGHT: (C)1996,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide a safe destruction predictable GFRP windmill blade and its destruction predicting method which can prevent generating an accident of breaking, scattering, etc., of the blade during rotation by early detecting internal damage of the blade.

**CONSTITUTION:** In a GFRP-made windmill blade formed by protrusively providing over a total length of the blade a leading/trailing blade part 4, 5 respectively consisting of foaming urethane in a front/rear side surface 1 of a long scaled main spar 3 having a box-shaped section extended over a total length of the blade from its root to point end also to adhesively coat an external surface of the leading/trailing blade parts 4, 5 and the main spar 3 with jackets 1, 2, a total length of the blade, buried in adhesive layers 6, 7 of bonding a back and belly of the main spar 3 and jackets 1, 2 thereof to be continuously extended respectively from a blade root part over to a blade point end to consist of fine wire or long foil of small section, serves as a unit length, to provide a single or a plurality of multifold long scaled conductive linear



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-261135

(43) 公開日 平成8年(1996)10月8日

(51) Int.Cl. <sup>5</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
F 0 3 D 11/00			F 0 3 D 11/00	A
1/06			1/06	A

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 4 頁)

(21) 出願番号 特願平7-94545

(22) 出願日 平成7年(1995)3月28日

(71) 出願人 000006208

三菱重工業株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目5番1号

(72) 発明者 川節 望

長崎県長崎市深堀町5丁目717番1号 三

菱重工業株式会社長崎研究所内

(72) 発明者 松浪 雄二

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工

業株式会社長崎造船所内

(72) 発明者 鈴木 章弘

長崎県長崎市飽の浦町1番1号 三菱重工

業株式会社長崎造船所内

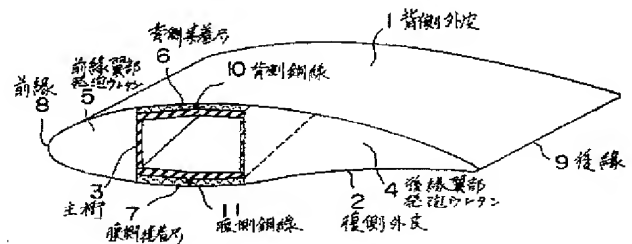
(74) 代理人 弁理士 塚本 正文 (外1名)

(54) 【発明の名称】 破壊予知可能型GFRP製風車翼

(57) 【要約】

【目的】 翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができる安全な破壊予知可能型GFRP風車翼及びその破壊予知方法を提供する。

【構成】 翼根から翼先端までの翼の全長にわたって延びるボックス状断面を有する長尺主桁3の前側面、後側面にそれぞれ発泡ウレタンからなる前縁翼部4、後縁翼部5を翼の全長にわたって突設するとともに、同前縁翼部4、同後縁翼部5、同主桁3の外周を全長にわたって外皮1, 2により接着被覆してなるGFRP製の風車翼において、同主桁の背面、腹面とその外皮1, 2とを接着した接着層6, 7中に埋設され、それぞれ翼根部から翼先端にわたって連続的に張装された小断面の細線又は長箔からなる翼の全長を単位長として多重折りされた1本又は複数本の長尺導電性線状材10, 11 を具えたこと。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 翼根から翼先端までの翼の全長にわたって延びるボックス状断面を有する長尺主桁の前端面、後端面にそれぞれ発泡ウレタンからなる前縁翼部、後縁翼部を翼の全長にわたって突設するとともに、同前縁翼部、同後縁翼部、同主桁の外表面を全長にわたって外皮により接着被覆してなるGFRP製の風車翼において、同主桁の背面、腹面とその外皮とを接着した接着層中に埋設され、それぞれ翼根部から翼先端にわたって連続的に張装された小断面の細線又は長箔からなる翼の全長を単位長として多重折りされた1本の長尺導電性線状材を具えたことを特徴とする破壊予知可能型GFRP製風車翼。

【請求項2】 請求項1において、その接着層中に1本の長尺導電性線状材の代わりに複数の互いに等長の長尺導電性線状材を張装埋設したことを特徴とする破壊予知可能型GFRP製風車翼。

【請求項3】 請求項1又は2において、翼根部に格納された複数の抵抗測定用端子を設け、その長尺導電性線状材の両端をそれぞれ上記各抵抗測定用端子に接続したことを特徴とする破壊予知可能型GFRP製風車翼。

【請求項4】 請求項1又は2において、複数の翼根部の回転中心ボスに同軸的に並設された複数のスリップリング及び上記各スリップリングにそれぞれ当接するブラシとを具え、風車の回転中に常時その各長尺導電性線状材の抵抗値を測定可能としたことを特徴とする破壊予知可能型GFRP製風車翼。

【請求項5】 請求項1又は2において、定期的に風車翼の稼働を停止し、その長尺導電性線状材の電気抵抗を測定してその測定値の変化に基づいて、翼の破壊を予知することを特徴とするGFRP製風車翼の破壊予知方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、風力発電用の破壊予知可能型GFRP製風車翼に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 風力発電用の風車翼としては、従来、図2(A)縦断面図及び同図(B)B-B斜視断面図に示すように、翼形状を作る外皮1,2と、主として強度部材となる長方形枠状断面を有する長尺筒状材であるボックス状断面の主桁3及び中間充填材となる発泡ウレタン4,5から構成された翼が使用されている。ここで、外皮1,2と主桁3は、軽量・高強度化及び低コスト化の観点からGFRP(Grass Fiber Reinforced Plastic)が用いられている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 この種の発電用風車の翼は、発電効率の向上の点から、例えば、250KW級の風車の場合、翼の長さは約12m、回転直径は約28

m程度になるというように、大型化の傾向にある。そのため、翼材料としては、軽量化及び高強度化の観点からプラスチック系の複合材料(FRP)が用いられている。また、風車の翼は、風を受け回転することにより遠心力による引張荷重を受けるとともに繰り返しの曲げ荷重を受ける。また、最近は少なくとも10年以上の耐久性を保証しなければならないため、翼の疲労損傷に対する信頼性の確保が必要となっている。そのため、翼の疲労強度の確保が必要であるが、風車用GFRP翼は長さが10mを越える大型の製品であるため製造上のばらつきがあり、これまでに装置設置後5年前後で翼が折損し飛散した例が何件か報告されている。翼が疲労損傷により回転中に破壊し、その先端が折損飛散した場合、長さが5〜10m、重量が何百kgもあるものが遠心力により飛散するので、周囲の構造物あるいは人への衝突を考えた場合、非常に危険であり大きな問題となる。したがって、少なくとも翼が折損し飛散する前にその損傷情報を捉え、運転中(翼回転中)の折損事故だけは確実に防止することが非常に重要なのである。

【0004】 本発明はこのような事情に鑑みて提案されたもので、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折損〜飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができる安全な破壊予知可能型GFRP風車翼及びその破壊予知方法を提供することを目的とする。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 そのために請求項1の発明は、翼根から翼先端までの翼の全長にわたって延びるボックス状断面を有する長尺主桁の前端面、後端面にそれぞれ発泡ウレタンからなる前縁翼部、後縁翼部を翼の全長にわたって突設するとともに、同前縁翼部、同後縁翼部、同主桁の外表面を全長にわたって外皮により接着被覆してなるGFRP製の風車翼において、同主桁の背面、腹面とその外皮とを接着した接着層中に埋設され、それぞれ翼根部から翼先端にわたって連続的に張装された小断面の細線又は長箔からなる翼の全長を単位長として多重折りされた1本の長尺導電性線状材を具えたことを特徴とする。

【0006】 請求項2の発明は、請求項1において、その接着層中に1本の長尺導電性線状材の代わりに複数の互いに等長の長尺導電性線状材を張装埋設したことを特徴とする。

【0007】 請求項3の発明は、請求項1又は2において、翼根部に格納された複数の抵抗測定用端子を設け、その長尺導電性線状材の両端をそれぞれ上記各抵抗測定用端子に接続したことを特徴とする。

【0008】 請求項4の発明は、請求項1又は2において、複数の翼根部の回転中心ボスに同軸的に並設された複数のスリップリング及び上記各スリップリングにそれぞれ当接するブラシとを具え、風車の回転中に常時その各長尺導電性線状材の抵抗値を測定可能としたことを特

徴とする。

【0009】請求項5の発明は、請求項1又は2において、定期的に風車翼の稼働を停止し、その長尺導電性線状材の電気抵抗を測定してその測定値の変化に基づいて、翼の破壊を予知することを特徴とする。

#### 【0010】

【作用】このような構成によれば、翼の内部に埋設する導電性材料の形態は、GFRP翼材の強度を損なわないような細線状あるいは薄板状のもので、例えば金属繊維や箔あるいはカーボン繊維などである。また、埋め込む位置は、運転時の翼の派生応力が最も高く変形歪み量が大きい部分の表層近傍、例えば、外皮と主桁の間の接着層内がよい。本発明においては、翼内部に配設した導電性材料の電気抵抗を測定することにより、翼の僅かな損傷を検知でき、稼働中における翼の折断～飛散という最悪の事故を起こす前に、対策を施すことができる。

#### 【0011】

【実施例】本発明を250KW級の発電風車に適用した一実施例を図面について説明すると、図1はその風車翼の横断面図を示す斜視図である。

【0012】上図において、図2と同一の符号はそれぞれ同図と同一の部材を示し、本発明が図2の構造と大きく相違するところは主桁～外皮間の接着層部に、線系φ1.5mmの銅線を主桁3の背面3b、腹面3aとその外皮1との間の接着層7中に埋設的に翼先端から翼根まで連続的に張装したことにある。

【0013】この試作翼の腹側から外皮、接着層（銅線部を含む）、主桁を含む大型の疲労試験片（長さ；600mm、幅；120mm、板あつ；20mm）を切出し、加工後の試験片の銅線の電気抵抗を測定した結果、1.6～1.7μΩ・cmであった。

【0014】次に、この電気抵抗の測定後、引張の疲労試験を実施した。引張負荷応力は0.3～3.0kg/mm<sup>2</sup>の繰り返しとし、銅線の電気抵抗測定では連続的に記録をとった。その結果、繰り返し回数が2×10<sup>6</sup>回を越えたところで銅線の電気抵抗が∞となり銅線が破断したことが確認された。そこで、試験片の詳細な観察を行ったところ、試験片中央部に微細な亀裂が多数発生しており、その中の一つは、長さ約5mm程度のもので深さは試験片の肉厚の1/3まで進展しており、この部分で埋め込まれた銅線が破断していることが判明した。

【0015】以上のことから、GFRP翼の主桁～外皮間の接着層部に翼先端から翼根にわたって導電性を有する複数の連続線を張装し、その電気抵抗を測定することにより、翼の折損、飛散という最悪の事態を起こす前に、上記導電性抵抗線の損傷を検知して対策を施すことが可能であることが確認できた。なお、連続線を翼の腹面、背面及び又は前縁、後縁に沿って翼全長にわたって布設しておくことにより、損傷が腹面、背面のいずれで起きるか前縁、後縁のいずれで起きるかの別も検知でき

る。

#### 【0016】

【発明の効果】このような本発明によれば、翼内部に長手方向に全長を多重に折り曲げた形で張装埋設した長尺の導電性材料の電気抵抗を測定することにより、翼の初期損傷を検知でき、翼の折損さらに飛散という最悪の事態を起こす前に対策を施すことができる。また、これまでかなりの費用をかけて行ってきた翼の定期的な損傷検査（目視検査、非破壊検査）を実施する必要もなくなるため、保守検査費用が大幅に削減できる。

【0017】要するに請求項1の発明によれば、翼根から翼先端までの翼の全長にわたって延びるボックス状断面を有する長尺主桁の前端面、後端面にそれぞれ発泡ウレタンからなる前縁翼部、後縁翼部を翼の全長にわたって突設するとともに、同前縁翼部、同後縁翼部、同主桁の外面を全長にわたって外皮により接着被覆してなるGFRP製の風車翼において、同主桁の背面、腹面とその外皮とを接着した接着層中に埋設され、それぞれ翼根部から翼先端にわたって連続的に張装された小断面の細線又は長箔からなる翼の全長を単位長として多重折りされた1本の長尺導電性線状材を具えたことにより、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができる安全な破壊予知可能型GFRP風車翼及びその破壊予知方法を得るから、本発明は産業上極めて有益なものである。

【0018】請求項2の発明によれば、請求項1において、その接着層中に1本の長尺導電性線状材の代わりに複数の互いに等長の長尺導電性線状材を張装埋設したことにより、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができるとともに、破損位置が翼の背側か腹側であるかの別、前縁部か後縁部かの別を予知することができ安全な破壊予知可能型GFRP風車翼を得るから、本発明は産業上極めて有益なものである。

【0019】請求項3の発明によれば、請求項1又は2において、翼根部に格納された複数の抵抗測定用端子を設け、その長尺導電性線状材の両端をそれぞれ上記各抵抗測定用端子に接続したことにより、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができるとともに、その導電性線状材の抵抗値を測定することが容易である安全な破壊予知可能型GFRP風車翼を得るから、本発明は産業上極めて有益なものである。

【0020】請求項4の発明によれば、請求項1又は2において、複数の翼根部の回転中心ボスに同軸的に並設された複数のスリップリング及び上記各スリップリングにそれぞれ当接するブラシとを具え、風車の回転中に常時その各長尺導電性線状材の抵抗値を測定可能としたことにより、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することが

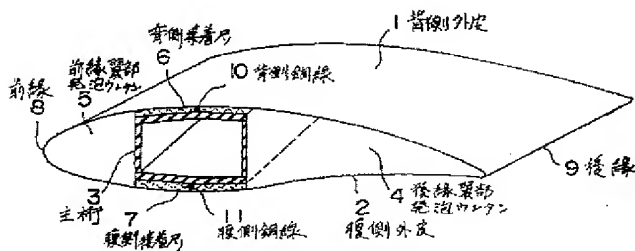
でき、翼の回転中でもその電気抵抗値を測定することができ、定検を実施する必要をなくし保守コストを大幅に削減することができる安全な破壊予知可能型GFRP風車翼を得るから、本発明は産業上極めて有益なものである。

【0021】請求項5の発明によれば、請求項1又は2において、定期的に風車翼の稼働を停止し、その長尺導電性線状材の電気抵抗を測定してその測定値の変化に基づいて、翼の破壊を予知することにより、翼の内部的損傷を早期に検知して翼の折断～飛散等の事故が回転中に発生することを防止することができる安全な破壊予知可能型GFRP風車翼の破壊予知方法を得るから、本発明は産業上極めて有益なものである。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を250KW出力の風力発電用翼車に適用した実施例のGFRP試作翼の横断面を示す斜視図で

【図1】



ある。

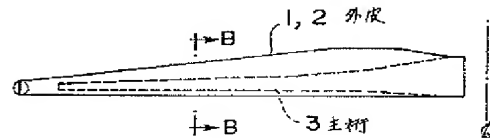
【図2】従来の発電用風車のFRP翼を示し、同図(A)はFRP翼の断面図、同図(B)はそのA-A横断面を示す斜視図である。

#### 【符号の説明】

- 1 背側外皮 (GFRP)
- 2 腹側外皮 (GFRP)
- 3 主桁 (GFRP)
- 4 後縁翼部発泡ウレタン
- 5 前縁翼部発泡ウレタン
- 6 背側接着層 (GFRP)
- 7 腹側接着層 (GFRP)
- 8 前縁 (リーディングエッジ)
- 9 後縁 (トレーリングエッジ)
- 10 背側銅線 (φ1.5mm)
- 11 腹側銅線 (φ1.5mm)

【図2】

(A)



(B)

